Ueber

Hörprüfung,

mit besonderer Berücksichtigung

der Methode mit Hülfe electrischer Ströme.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Albert Wodtke,
pract. Arzt.
Danzig.

ROSTOCK.
Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben.
1878.

Meinem verehrten Freunde

Dr. Herrmann Neufeld

aus Hochachtung

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553624_0227

„Was die functionelle Prüfung des Ohres betrifft, so ist dieselbe bis heute noch immer in hohem Grade ungenau. Ein praktisch brauchbarer Hörmesser existirt nicht", so sprach Schwartze im Jahre 1864, als er damals über die wissenschaftliche Entwickelung der Ohrenheilkunde im letzten Decennium berichtete. Ueber ein Decennium ist wiederum verflossen, in dem für die Fortentwickelung der Ohrenheilkunde ungemein viel geschehen ist, obiges Wort jedoch hat noch dieselbe Geltung. Die verschiedenartigsten Versuche, dieses Problem der Ohrenheilkunde zu lösen, sind gemacht worden, bis jetzt hat noch keiner zum Ziele geführt, keiner hat auch nur annähernd den Ansprüchen zu genügen vermocht, die an einen nach allen Richtungen hin vollkommenen Hörmesser gestellt werden müssen.

Die Ansprüche resultiren aus der Art des für das Ohr adaequaten Reizes, der schwingenden Bewegung von Molekülen, aus der verschiedenartigen Gestaltung des Schalles, der mit der grössten Mannigfaltigkeit auf unser Gehörorgan einwirkt. Ein Messungsapparat, der ein genaues Bild von der Gesammtthätigkeit oder dem Hörvermögen eines Ohres geben soll, muss alle die verschiedenen Arten von Schallschwingungen in ihrer Wirkung auf den Akustikus berücksichtigen. Unser Ohr treffen ungleiche, unregelmässige Schwingungen, die Geräusche, und ganz gleichmässige Schwingungen von

nicht zu grosser Amplitude, die Töne. Für das Gehörorgan müssen der Wichtigkeit nach die Töne in die erste Reihe gestellt werden; denn einmal stellen sich sehr viele, wenn nicht die meisten Geräusche, die wir wenigstens noch als solche bezeichnen, schliesslich als aus einer Reihe von Tönen zusammengesetzt heraus, dann spielen die Töne die Hauptrolle in der menschlichen Sprache, und das Verständniss dieser ist jedenfalls die wichtigste Funktion des Ohres, endlich können wir bei der Gesetzmässigkeit, unter der die Töne stehen, noch am ersten auch für unsere Gehörsempfindungen Gesetze aufstellen. Gesetze aber, die wir etwa für Töne herleiten, müssen eben so gut für Geräusche gelten, wenn sie in gleicher Gestalt auftreten; als solche, beiden gemeinsame Gestalt, kommt nur die Stärke in Betracht.

Der Ton besteht aus periodischen, gleichen Schwingungen und die Ausdehnung jeder einzelnen Schwingung, d. h. die Amplitudenweite, sodann die Schnelligkeit, mit der jede einzelne Schwingung zu Stande kommt, und die Form jeder einzelnen Schwingung machen beziehungsweise uns den Eindruck von Tonstärke, Tonhöhe, Tonfarbe. Wir haben somit die Fähigkeit, diese drei Schwingungsmodificationen mit unserm Hörnerv aufzufassen und sie als etwas Verschiedenes hinzustellen. Wir besitzen aber auch die Fähigkeit, die Unterschiede der durch verschiedene Grössen innerhalb dieser Modificationen hervorgerufenen Empfindungen wahrzunehmen. Demgemäss hat das Ohr nicht nur die drei Functionen, Tonstärken, Tonhöhen, Tonfarben an sich, aufzufassen, sondern auch die ferneren drei, Unterschiede zwischen verschiedenen Tonstärken, Tonhöhen, Tonfarben zu schätzen.

Ein vollkommen zufriedenstellender Hörmesser müsste uns den Umfang einer jeden dieser sechs Funktionen des Hörorgans angeben können. Wenn wir dann alle diese Fähigkeiten an einem kranken Ohr geprüft und vielleicht in Zahlen ihre Grösse festgestellt hätten, so würden wir ein ganzes, deutliches Bild der gesammten Hörfähigkeit dieses Ohres erhalten; wenn wir weiterhin dieses Bild gegenüber-

hielten einem ein- für allemal feststehenden der Hörfähigkeit eines normalen Ohres, dann würden wir erst eine genaue werthvolle Angabe über den Mangel an Hörfähigkeit in dem speciellen Falle machen können. Dass aber eine solche genaue Bestimmung des Mangels an Hörfähigkeit den grössten diagnostischen und prognostischen Werth haben müsste, ist wohl von vornherein zweifellos; sind doch bereits jetzt Versuche gemacht, aus dem mitunter auftretenden verschiedenen Verhältniss der Perception für die Töne der Uhr und die Sprache differentialdiagnostische Anhaltspunkte zu gewinnen und aus dem Fehlen der Perception für gewisse Tonhöhen prognostische Schlüsse zu ziehen.

Mit der Anzahl der Bedingungen, die ein Hörmesser erfüllen soll, und wir haben sechs aufgestellt, wächst die Schwierigkeit der Herstellung eines solchen, und müssen wir die Anzahl möglichst zu verkleinern suchen. Dieses gelingt uns, sobald wir die beiden Bedingungen eliminiren können, welche auf die Tonfarbe Bezug haben. Helmholtz[1]) stellte fest, dass die Tonfarbe, oder wie er verlangt, die Klangfarbe, nur von der Anzahl, Höhe und Stärke der Nebentöne abhängt, die einem Grundtone beigemischt sind. Wenn nun ein Ohr gegenüber Tonhöhen und Tonstärken sich normal verhält und eben so das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Tonhöhen und Tonstärken ein vollkommen normales ist, so wird es jedenfalls nicht nur Höhe und Stärke eines Grundtones, sondern auch Höhe und Stärke der Nebentöne normal auffassen, sei der betreffende Klang zerlegt in diese Töne oder nicht. Dagegen lässt sich aber auch annehmen, dass ein Ohr, bei dem die Perceptionsfähigkeit für gewisse Tonhöhen und Tonstärken fehlt, oder in gleicher Weise das Unterscheidungsvermögen für Tonstärken und Tonhöhen mangelhaft ist, weder den Grundton noch die Nebentöne des Klanges besser percipiren wird, dass es also auch eine Einbusse der Perception für Klangfarben und deren

[1]) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen. Braunschweig 1865. S. 40 u. ff.

Verschiedenheiten erlitten haben wird. Die Grösse dieser Einbusse geht aber hervor aus dem Resultat der vorangegangenen Untersuchung auf Tonhöhen und Tonstärken und das Unterscheidungsvermögen für dieselben; sie wird eine Combination aus den Mängeln sein, die sich bei dieser Untersuchung herausgestellt haben. Daraus folgt, dass ein Hörmesser nur noch vier Anforderungen zu entsprechen hat; man muss mit seiner Hülfe untersuchen können, welche Tonstärke ein Ohr wahrnimmt und welche Unterschiede derselben, dann welche Tonhöhen und welche Unterschiede dieser. Unser ideeller Hörmesser müsste vollkommen genannt werden, wenn er noch bei jeder Tonhöhe eine gleichzeitige Untersuchung auf Tonstärke gestattete, denn jede unserer Tonempfindungen ist ja ein Produkt aus der Empfindung der Tonhöhe und der der Tonstärke. Die Erfahrung lehrt, dass bei sehr hohen Tönen eine sehr geringe Tonstärke nöthig ist, um sie dem Ohr vernehmbar zu machen, während bei sehr tiefen Tönen eine sehr grosse Tonstärke vorhanden sein muss, falls das Ohr sie hören soll. Da jedoch weder physiologisch hierüber etwas Genaues feststeht, noch pathologische diesbezügliche Beobachtungen gemacht sind, können wir für diesen vorwiegend auf praktische Zwecke gerichteten Hörmesser von jener Forderung absehen.

Für die Hörmessung im Allgemeinen muss natürlich die normale Hörfähigkeit die Basis bilden; auf ihr stützend können wir erst die Untersuchung pathologischer Fälle auf die wesentlichsten Punkte hinlenken und die gewonnenen Resultate ordnen. Unsere Kenntniss der normalen Hörfähigkeit hat freilich in manchen Punkten noch grosse Ungenauigkeiten, immerhin sind beachtenswerthe Resultate vorhanden. So hat Schafhäutl [1]) gefunden, dass die Schallgrösse, welche in der Stille der Nacht durch den Fall eines, ein Milligramm schweren Korkkügelchen aus ein Millimeter Höhe auf eine Glasplatte hervorgerufen wird, in 91 mm gradliniger Entfer-

[1]) Abhandlungen der Münchener Akademie, V. II. S. 501 bei Fechner, Elementar-Psychophysik, Leipzig 1860. Theil 1. S. 254.

nung des Ohres vom Auffallspunkte die „akustische Dynamis“ ist, welche die durchschnittliche Grenze der dem gesunden menschlichen Ohre unter den Einflüssen unserer Civilisation noch wahrnehmbaren Schallgrössen bezeichnet. Diese Angabe kann kaum darauf Anspruch machen, jemals praktische Verwerthung zu finden, dazu müsste als untere Grenze eine Schalleinheit aufgestellt werden, mit deren Vervielfältigung man auch sehr grosse Schallstärken erzielen könnte. Das Suchen nach einer solchen sich stets gleichbleibenden Einheit war bisher der eigentliche Kern der Bestrebungen, einen vollkommenen Hörmesser zu finden. Als obere Grenze muss man wohl eine solche Schallstärke auffassen, die noch gerade schwach genug ist, um nicht eine Schädigung des Gehörapparates zu bewirken. Der oberen Grenze aber sowohl, wie der unteren ist schon theoretisch eine gewisse physiologische Breite zuzugestehen, die in Wirklichkeit eine sehr bedeutende Ausdehnung hat. Bei einem kranken Ohre kommt nur die untere Grenze in Betracht; es ist das bisher vorwiegend geübte Verfahren der Hörmessung, diese untere Grenze der Hörfähigkeit zu constatiren und den Abstand derselben von der normalen anzugeben, ein Verfahren, das erst dann die Bedeutung von Exactheit hat und in Parallele mit der Bestimmung der Sehschärfe am Auge gestellt werden kann, wenn, wie oben bereits erwähnt, eine zu vervielfachende Einheit der Schallstärke oder Tonstärke gefunden und anerkannt ist.

Ueber die Perceptionsfähigkeit des normalen Ohres für Unterschiede von verschiedenen Schallstärken sind von Renz und Wolff[1]) unter Vierordts Leitung und von Volkmann Resultate gewonnen worden. Erstere fanden, dass Schallgrössen im Verhältniss von 100 : 72 noch absolut sicher unterschieden werden, bei dem Verhältnisse von 100 : 92 schon fast ebensoviel richtige wie unrichtige Entscheidungen

---

[1]) Vierordts Archiv 1856. H. 2. S. 185. Poggend. Ann. XCVIII. s. bei Fechner, Elemt. Th. 1. S. 175.

getroffen werden. Volkmann[1]) aber fand mit Hülfe einer andern Methode, dass Schallstärken, die sich etwa wie 3 : 4 verhalten, noch sicher unterschieden werden, dass jedoch je kleiner das Verhältniss wird, um so unsicherer die Entscheidung wird; Schallstärken in dem bedeutenden Verhältniss 3 : 10 ist das Ohr nicht geneigt einen wesentlichen Unterschied beizumessen. Ob nun dieses Verhältniss in pathologischen Fällen erhalten bleibt oder eine Aenderung erfährt, wären interessante, bisher aber noch nicht angestellte Untersuchungen.

Für die Tonhöhe besitzen wir das überall gültige gleiche Maass, das uns bei der Tonstärke fehlt, in der möglichen Bestimmung der Schwingungszahlen eines jeden Tons; wir sind in Folge dessen auf diesem Gebiet mit unserer Kenntniss in einer sehr günstigen Lage. Nach den Untersuchungen von Preyer[2]), den neuesten auf diesem Gebiete, bringen bei einem normalhörigen Menschen 15—24 Schwingungen in der Secunde noch eine Tonempfindung hervor; andererseits wurde aber eine Stimmgabel, die 40 960 Schwingungen in der Secunde macht, noch gehört, so dass eine obere Grenze der Perception für Tonhöhen nicht feststeht. Wenn wir jedoch noch diejenige Hörfähigkeit für Töne als normal betrachten, welche allen Anforderungen des alltäglichen Lebens und Verkehrs genügt, welche ins Besondere sämmtliche, in der Sprache vorkommenden Töne umfasst, so muss ein normales Ohr sämmtliche Töne von 16—5000 Schwingungen vernehmen. Es wird dann sowohl alle musikalisch verwertheten Töne, als auch die der Sprache nach Wolff, R mit 16 bis S mit 4032 Schwingungen, umfassen. Der Ausfall eines Tones oder von Tonreihen mit einer Schwingungszahl, die zwischen den angegebenen Grenzen liegt, würde pathologisch sein und nicht minder das Vorkommniss, dass Töne von bestimmter Schwingungszahl als solche von höherer oder niedrigerer aufgefasst werden.

[1]) Fechner, Elemt. Th. 1, S. 176 u. ff.

[2]) W. Preyer. Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung. Jena 1876.

Wenn diese genaue Kenntniss der normalen Perceptionsfähigkeit für absolute Tonhöhen von grosser Wichtigkeit für die Pathologie der Ohrkrankheiten zu werden verspricht, so ist die nicht minder genaue Kenntniss der Unterscheidungsfähigkeit von Tonhöhen vorläufig noch ohne Bedeutung. Nach Preyer kann das normale Ohr bei Tönen von 500—1000 Schwingungen schon einen Unterschied von 0,3—0,4 Schwingungen bemerken; in den tieferen und höheren Lagen der Tonskala muss der Unterschied absolut und relativ grösser sein, um wahrgenommen zu werden. Letzteres gilt auch für die Fähigkeit der Beurtheilung der Intervalle, der Unterschiedsempfindlichkeit für Tonverhältnisse. Die Fähigkeit selbst ist am grössten für die Octave, dann die Quinte, danach die Quart, dann in gleicher Linie für grosse Terz und grosse Sext, sodann für kleine Terz und endlich kleine Sext. Die grössere oder geringere Geübtheit ist immer bei der Beurtheilung der Unterscheidungsfähigkeit von Tonhöhen ein sehr wesentlicher Factor, dessen Grösse aber schwerlich in Rechnung zu ziehen ist.

Bei allen diesen Angaben über die normale Hörfähigkeit ist ein einflussreiches Moment, das Lebensalter, noch immer ausser Acht gelassen, und doch ist es nur zu wahrscheinlich, dass die normale Hörfähigkeit eine andere für das jugendliche Alter, eine andere für Erwachsene und wieder eine andere für das Greisenalter sein wird; eben so wie festgestellt ist, dass bei Leuten über 50 Jahre die Kopfknochenleitung in Folge der grösseren Porosität des Knochens mangelhaft wird, können andere senile Veränderungen in dem noch normal zu nennenden Gehörapparat vor sich gegangen und von Folgen für die Funktionen des Ohres begleitet gewesen sein. Nicht minder dürften sich nach dem Uebergang der einzelnen Theile des Gehörapparats aus dem Zustand der jugendlichen Elasticität in den festen starren des abgeschlossenen Wachsthums Aenderungen in der Hörfähigkeit nachweisen lassen. Aus Allem geht aber unzweideutig hervor, dass wir ein klares Bild der gesammten normalen Hörfähigkeit

noch nicht besitzen und dass mithin auch die Messung der Hörfähigkeit kranker Ohren auf einem unsicheren Boden steht. Jedoch können wir die Bedingungen, die wir an einen vollkommenen Hörmesser zu stellen haben, jetzt genauer und reeller formuliren, und zwar muss derselbe

1) sehr grosse Tonstärken zu sehr geringen abstufen können, und muss diese Abstufung nach einer bestimmten Gesetzmässigkeit geschehen, der eine allgemein gültige konstante Einheit zu Grunde liegt;

2) die Töne von 15 – 5000 Schwingungen umfassen, wobei die Töne einer Tonskala, etwa der C-dur-Skala, genügen dürften.

Zu diesen Haupterfordernissen unseres ideellen Apparats müssen wir noch einige Nebenpunkte mehr äusserlicher Natur als Forderungen aufstellen. Bei den bisherigen Methoden der Hörmessung herrschte nicht einmal, soweit die Maasse von Entfernungen in Betracht kamen, eine Einheit. Der eine Arzt rechnete nach Fuss und Zoll, wobei man noch in Verlegenheit gesetzt wurde, ob rheinisches oder preussisches Maass gemeint war, dieser nach Metern, jener wieder nach Schritten, und doch wird Niemand leugnen, dass auf keinem Gebiet leichter eine Maasseinheit für Entfernungen angenommen werden könnte als in der Ohrenheilkunde, und Jeder wird zugestehen, dass Maasseinheit, wie es schon auf dem Kongress zu Brüssel 1875 betont wurde, für den wissenschaftlichen Verkehr eine Nothwendigkeit ist, der das Belieben des Einzelnen weichen muss. Diese Einheit kann nur durch das kosmopolitische Metersystem gegeben werden und müsste einzig und allein dieses System bei jeder Art von Hörmessung in Anwendung gebracht werden. Ausgehend von den Schwierigkeiten, die einer genauen Prüfung der Hörfähigkeit von Seiten des Patienten durch Befangenheit, Unaufmerksamkeit oder Neigung zur Simulation in den Weg gelegt werden, müssen wir es als wünchenswerth bezeichnen, in derartigen Fällen eine Kontrolle über die Angaben des Patienten üben zu können. Ein etwaiger Apparat hierzu würde auch Anwendung finden, wo eine Beeinflussung des Urtheils und der

Angaben des Patienten durch Nebengeräusche vermuthet wird. Besser wäre es freilich, wenn ein Hörmessapparat der Anforderung genügte, dass mit ihm untersucht werden könnte ohne jede Rücksicht auf Nebengeräusche, die kein Arzt ausschliessen kann, am wenigsten den zudringlichen Tageslärm. Sobald das aber der Fall wäre, würde der Apparat auch ohne Rücksicht auf die Localität gebraucht werden können, und wir hätten nicht mehr zu fürchten, in einem kleineren mit vielen schall-dämpfenden Gegenständen ausgestatteten Zimmer wesentlich andere Resultate zu erhalten als in einem grösseren leeren Raume. Mit Erfüllung dieser Bedingung wäre es vielleicht nicht schwer, die Möglichkeit der Prüfung eines kranken Ohres bei intaktem anderen zu geben, indem es häufig störend aufgetreten ist, dass trotz sicheren Verschlusses des gesunden Ohres dieses mittelst Kopfknochenleitung hörte und diese Hörfähigkeit irrthümlich auf Rechnung des afficirten Ohres gesetzt wurde. Schliesslich ist es wohl nicht überflüssig, die Forderung der Handlichkeit zu betonen. Ein schwer zu handhabender Apparat wird sich kaum eine Stelle in dem Zimmer eines Arztes erwerben, während ein solcher, der die zeitraubende Messung der Hörfähigkeit bedeutend abkürzte und trotzdem mit grosser Genauigkeit vollführte, sich bald einbürgern müsste. Die nachträglich aufgestellten Forderungen ergeben nun zusammengefasst folgende Sätze:

a) Ein vollkommener Hörmesser zieht bei Maassen nur das Metersystem in Anwendung.

b) Er besitzt eine Kontrollvorrichtung gegenüber den Angaben des Patienten.

c) Er kann ohne Rücksicht auf Nebengeräusche, Localität und etwaige Intaktheit des anderen Ohres benutzt werden.

d) Er besitzt den Vorzug der Handlichkeit.

So haben wir jetzt zwei Hauptpunkte und vier Nebenpunkte, denen ein zufriedenstellender Messapparat der Hörfähigkeit gerecht werden müsste; wie man sieht, eine sehr umfassende Aufgabe. Wenn aber selbst eine diese Aufgabe

lösende Konstruktion gelingen sollte, so haben wir damit noch immer erst einen Apparat zur Messung der Hörfähigkeit für Tonschwingungen, welche durch die Luft dem Gehörorgan übermittelt werden; für die durch die Kopfknochenleitung percipirten Schwingungen fehlt uns noch jedes Maass.

Inwieweit entsprechen nun die gebräuchlichen und angegebenen Hörmessungsmethoden den von uns formulirten Anforderungen?

Die überwiegende Mehrzahl derselben beschränkt sich auf den Versuch, die Grösse der Perceptionsfähigkeit für Schallstärken festzustellen, indem diese Fähigkeit als das Wesentlichste von dem ganzen Vorgang des Hörens erschien und in Wahrheit auch die am Unmittelbarsten in Thätigkeit versetzte, man möchte sagen die alltäglichste Funktion des Ohres ist. Die übrigen Funktionen sind von der Hörmessung vernachlässigt oder doch nur schwache Anläufe zu deren Bestimmung gemacht worden. Wenn wir Dennert's Ansicht festhalten, dass wir mit den Vorhofsgebilden Alles hören, aber undeutlich und in unbestimmten Umrissen; dass das Mitwirken der Schnecke dem Gehörten die feinere Nuancirung, Form und Gestalt giebt, dass wir also mit dem Vorhof hören, mit der Schnecke verstehen, so können wir sagen, die Hörmessung hat sich bisher zumeist mit der Vorhofsfunktion beschäftigt.

Die zur Bestimmung der Empfindlichkeit des Ohres für Schallstärken angewandten Methoden und Apparate lassen sich in drei Gruppen ordnen. Unter die erste Gruppe fallen diejenigen, welche eine als konstant angenommene Schallstärke durch Entfernen vom Ohre abschwächten und aus der Hörweite einen Schluss auf die Perceptionsfähigkeit machten, wohin wir die Hörprüfung mittelst der Uhr, des von Politzer angegebenen Hörmessers und die quantitative Hörprüfung mit der Sprache zu rechnen haben. In die zweite Gruppe ordnen sich diejenigen Methoden ein, welche die Schallquelle selbst abschwächten und vertärkten und aus der dem Ohre noch wahrnehmbaren Schallstärke die Perceptionsfähigkeit bestimmten, häufig freilich in Verbindung mit der in der

ersten Gruppe angegebenen Methode. Hierzu zählt der von Wolke gebrauchte Apparat, der von Itard, die von Hartmann angegebene Methode mittelst elektrischer Ströme und wiederum die Sprache in ihren abgeschwächten und verstärkten Modificationen. Die dritte Gruppe umfasst diejenigen Methoden, welche die Hörzeit eines allmählig verklingenden Tones als Maass der Perceptionsfähigkeit des Ohres aufstellen, und sind hier zu nennen die Apparate von v. Conta und Magnus.

Auf dem Gebiete der Hörprüfung auf Tonhöhen ist nur Kessel mit seinem Apparat und Wolff mit seiner qualitativen Methode der Hörprüfung mit der Sprache anzuführen.

Ueberall tritt uns aber die Sprache als Hörprüfungsmittel entgegen, und dürfte es sich bei ihrer Eigenartigkeit wohl empfehlen, dieselbe vorweg und im Ganzen zu betrachten.

Bei der enormen Wichtigkeit, welche das Verständniss der Sprache sowohl für die gesammte Entwickelung der Intelligenz als auch für den Gemüthszustand und das Wohlbefinden eines Menschen hat, musste von jeher die Perceptionsfähigkeit für die Sprache bei allen Affektionen des Gehörapparats von der Heilkunde in den Vordergrund gestellt werden; auf ihre Erhaltung und ihre mögliche Besserung kommt es dem Kranken hauptsächlich an. Es war daher zu natürlich, unmittelbar die Sprache als Mittel zur Gehörmessung zu benutzen und den Mangel oder die Verschlechterung des Verständnisses ohne Weiteres auf die Hörfähigkeit im Allgemeinen zu übertragen. Das Verständniss der Umgangssprache bei weitester Entfernung des Sprechenden in nicht zu grossen geschlossenen Räumen konnte als normale Hörfähigkeit gelten. Die Entfernung, bei der erst ein Schwerhöriger die Sprache verstand, wurde konstatirt, und so ergab sich durch Vergleich ein gewisses Resultat, das den Laien befriedigen, auf Wissenschaftlichkeit jedoch keinen Anspruch machen konnte, am Allerwenigsten aber geeignet war, Diagnose und Prognose zu sichern oder zu stützen. Allerdings betrachtete man die Hörmessung auch noch nicht vom letzteren

Gesichtspunkte aus. Es war ein Schritt vorwärts, als man darauf Werth legte, ob die Sprache mehr weniger laut angewendet werden musste, und man verschiedene Modification der Sprache, als lauten Ton, mittleren oder Konversationston, und Flüsterton unterschied, oder auch, als Flüstersprache, leise und laute Sprache und solche mit erhobener Stimme. Durch passende Anwendung dieser Formen von Sprachstärke war eine etwas genauere Prüfung ermöglicht und besonders durch die Flüstersprache auch für weniger hochgradig Schwerhörige und in beschränkten Räumlichkeiten. Man musste sich aber sagen, dass die so gewonnenen Resultate noch immer nur einen bedingten Werth hatten, zunächst schon aus dem Grunde, weil Niemand die gleiche Stärke der Stimmgebung für die zu verschiedenen Zeiten anzustellenden Versuche einhalten kann. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, konstruirte Lucae[1]) seinen Maximalphonometer, der gewissermassen ein Kontrollapparat genannt werden kann, dafür, ob dieselbe Stärke der Stimmgebung eingehalten wird, indem sich der beim Sprechen angewandte Luftdruck bestimmen lässt. Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einer Röhre, deren eines Ende offen, deren anderes mit einer 0,5 mm. dicken Kautschuckmembran locker verschlossen ist. Die Membran wird durch jede noch so geringe Luftdruckschwankung, sobald man also in das offene Ende hineinspricht, in Bewegung gesetzt und theilt diese Bewegung einem Hebel mit, der in einer Achse am Rande der Membran pendelt und dessen einer Arm die Mitte der Membran eben berührt, während der andere Arm an einem Quadranten den Pendelausschlag anzeigen kann. Der Pendel wird in der jedesmaligen Maximalausschlagsstellung festgehalten und führt hiervon der Apparat den Namen Maximalphonometer. Den von Lucae ausgesprochenen Zweck, zunächst die jedesmalige Intensität eines und desselben Wortes resp. des in letzterem

[1]) Archiv für Ohrenheilkunde 1873. B. VI. H. 4. S. 276. Sitzungsprotocolle der Section für Ohrenheilkunde auf der 45. Versammlung deutscher Naturforscher zu Leipzig.

vorherrschenden Sprachlautes festzustellen, erfüllt der Apparat vollkommen; in die Praxis hat er sich jedoch nicht einführen können, zumeist wohl wegen der Leichtigkeit, mit der er sich abnutzt und weil trotz seines Gebrauchs den gewonnenen Resultaten grosse Mängel anhaften.

Bei der quantitativen Prüfung mittelst des Sprachverständnisses, wie Wolf diese Methode mittelst der Entfernung vom Ohr und der Abschwächung oder Verstärkung der Sprache nennt, fiel es häufig auf, dass ein Patient die Sprache wohl noch hörte aber gar nicht oder nur in einzelnen Theilen verstand. Dieses führte darauf, die Sprache zu analysiren und die analysirten Sprachelemente zur Gehörprüfung zu benutzen, wie es am Weitgehendsten und Geistvollsten Wolf[1]) als qualitative Hörprüfung angewandt hat. Er untersuchte, wie und welche Einzellaute der Kranke versteht, welche er nicht oder undeutlich, weshalb er das eine Wort versteht, das andere in derselben Entfernung gesprochene nicht. Im Anschluss an die Untersuchungen von Willis, Donders und Helmholtz über Vokalklänge zeigte Wolf, dass auch Konsonanten selbstständig tönen können, und theilte er sie demgemäss ein: in einfache selbsttönende, d. h. solche, die unabhängig von Vokalen lautirt werden können: R-Laut (R und rauhes Ch) B-Laut (B und P) K-Laut (K und hartes G) T-Laut (D und T) F-Laut (F und V) S-Laut (weiches G und weiches Ch) und: in einfache tonborgende Konsonanten, die von einem vorangehenden oder folgenden Vokale begleitet sein müssen, um hörbar zu sein H, L, M, N; zu letzteren kommt noch als zusammengesetzt tonborgender Konsonant W und zu ersteren als zusammengesetzte Sch, H, Z. Wolf stellte für die selbsttönenden Konsonanten folgende wichtige Sätze auf:

1) Der Reihe der selbsttönenden Konsonanten liegt ein

---

[1]) Oskar Wolf, Sprache und Ohr. Braunschweig 1871. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde 1874. B. III. Abthl. 2. S. 35 u. ff. und B. IV. Abthl. 1. S. 125 u. ff.

festes Tonverhältniss zu Grunde, welches musikalisch bestimmbar ist.

2) Die Reihe der selbsttönenden Konsonanten ist nicht von einer Anzahl von unbestimmten und zufälligen Geräuschen abhängig, sondern einzelne dieser Konsonanten sind von Geräuschen begleitet, welche aber weniger die Tonhöhe des Grundtons des Konsonanten als seine Klangfarbe beinflussen."

Er bestimmte nun die Tonhöhe der einzelnen Konsonanten und Vokale und sodann deren relative Tonstärke.

Das Tonverhältniss fand er bei R = c^{-3} + c^{-2} + c^{-1} + c^{-1} = 16—128 Schwingungen

U = f^{0} = 176

B = e^{I} = 320

O = b^{I} = 448

K = d^{II} + d^{III} = 576—1152

F = fis^{II} + fis^{III} = 720—1728

A = b^{II} = 896

Ö = cis^{III} = 1088

U = g^{III} + as^{III} =1536—1632

E = b^{III} = 1792

S = c^{IV} + c^{V} = 2016—4032

J = d^{IV} = 2304

Sch = fis^{IV} + d^{IV} + d^{III} = 2880 + 2304 + 1728

Schwingungen, so dass also die Sprache acht Oktaven umfassen und zwar R = c^{-3} = 16 Schwingungen die tiefste, T = c^{V} = 4032 Schwingungen die höchste Grenze sein würde. Aus dieser Aufstellung geht aber auch hervor, dass bis zu einem gewissen Grade die Prüfung der Hörfähigkeit auf Tonhöhen durch die Sprache ermöglicht ist.

In Betreff der relativen Tonstärke konstatirte er, dass die Vokale die grösste Tonstärke haben und auf Entfernungen noch gehört werden, auf welche für alle Konsonanten kein Hörvermögen mehr besteht, und dass zwischen den einzelnen Konsonanten sehr beträchtliche Tonstärkeunterschiede vorhanden sind. Im Freien in einer Allee zur Nachmittagszeit gemessen, wurde noch deutlich unterschieden:

A	auf	360	Schritt	Entfernung
O	„	350	„	„
Ei	„	340	„	„
E	„	330	„	„
J	„	300	„	„
Eu	„	290	„	„
Au	„	285	„	„
U	„	280	„	„
Sch	„	200	„	„
M u. N	„	180	„	„
S	„	175	„	„
F	„	67	„	„
K u. T	„	63	„	„
R	„	41	„	„
B	„	18	„	„
H	„	12	„	„

M und N in Verbindung mit dem Vokale A.

So hoch interessant auch diese Untersuchungen und Resultate und so werthvoll sie sind für das Verständniss der Sprachperception im Allgemeinen und besonders für die Erklärung der bisweilen merkwürdigen Verschiedenheiten der Perceptionsfähigkeit für Sprache und andere Hörprüfungsmittel, so ist es doch viel zu weit gegangen, wenn Wolf der Ueberzeugung ist, „dass die menschliche Sprache der denkbar vollkommenste Hörmesser" ist und er dann fortfährt: „daraus ergiebt sich folgerecht, dass alles Suchen nach mechanischen Vorrichtungen und künstlichen Apparaten zur Prüfung der Hörweite vergebens war und wahrscheinlich vergebens sein wird, weil es nicht leicht denkbar ist, dass ein zu findendes künstliches Instrument die zarten Nüancirungen in Tonhöhe, Tonstärke und Klangfarbe so charakterisiren kann, wie dies in so ausreichendem Maasse das natürliche Instrument, die menschliche Sprache, leistet." Dagegen wendet v. Troeltsch[1]) ein, dass diese Behauptung

[1]) v. Troeltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde 1877. S. 252.

schon vom physikalischen Standpunkte aus kaum richtig sein dürfte. „Ausserdem ist aber die menschliche Sprache auch beim Arzte sehr vielen Wechselfällen ausgesetzt, die zu Fehlerquellen werden können. Ermüdung nach mehrstündiger Praxis, zufällige Belegtheit der Stimme oder Verminderung des Resonanzraumes durch Katarrh wären neben der Schwierigkeit, die gleiche Stärke der Stimmgebung einzuhalten und in jedem Falle in gleicher Richtung und Höhe mit dem Ohre des Kranken zu sprechen, immerhin Umstände, welche eine gute mechanische Vorrichtung, auf deren Gleichmässigkeit man sich verlassen kann, äusserst wünchenswerth erscheinen lassen." Sehr treffend bemerkt ferner Hartmann[1]) bei Erwähnung von Wolf's Behauptung: „Ebensowenig wie der Augenarzt zur Sehprüfung ein complicirtes Bild mit Farbennüancen und mit den verschiedensten Dimensionen benutzt, kann der Ohrenarzt ein so complicirt akustisches Bild, wie es die Sprache darbietet, zu einer genauen Hörmessung verwenden." Wir wollen möglichst einfache Angaben über die Hörtähigkeit des Ohres haben und der Hörnervapparat antwortet, wie Wolf selbst sagt, „auf jeden Laut, welcher der menschlichen Lippe entströmt, so überraschend genau, aber auch ich möchte sagen „leider" so complicirt, dass wir diese Antwort zuerst lange und aufmerksam studiren müssen, bis wir sie richtig verstehen, nach physikalischen Gesetzen erklären können." Wenn wir noch hinzufügen, dass nach den Beobachtungen von Lucae und Dennert[2]) die Untersuchung eines kranken Ohres bei intactem andern mittelst der Sprache sehr schwierig ist, dass man überhaupt bei allen Untersuchungen mit ihr die grösste Vorsicht anwenden muss, um bei der Geschicklichkeit der meisten Kranken im Ablesen vom Munde, im Errathen, nicht zu gänzlich falschen Resultaten zu gelangen: wenn

[1]) Hartmann, Ueber Hörprüfung und Politzer's einheitlichen Hörmesser. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde, B. VI.

[2]) Dennert, Zur Gehörprüfung auf Grund einer Beobachtung von Nekrose der Schnecke. Lucae, Ueber Ausstossung der Nekrotischen Schnecke. Archiv für Ohrenheilkunde 1876. B. X. H 4. S. 234 u. ff.

wir daran denken, wie leicht bei Anwendung der Sprache gerade durch Nebengeräusche und Lokalität Fehlerquellen entstehen können, dann brauchen wir noch gar nicht die individuelle Verschiedenheit der Sprache bei den einzelnen Personen und noch mehr bei Völkern zu erwähnen, um zu dem Schlusse zu kommen, dass die Sprache weit davon entfernt ist, die Bedingungen für eine exacte Hörprüfung zu erfüllen.

Wir können jetzt die verschiedenen Methoden der Hörprüfung nach den oben aufgestellten Gruppen betrachten.

Der allgemeinsten Beliebtheit und Gebräuchlichkeit als Hörmesser erfreut sich die Uhr; gross und klein ist mit ihrem Tiktak bekannt, es bedarf die Untersuchung mittelst ihrer keiner weiteren Vorbereitungen und verdankt sie diesem grossen Vorzug der Handlichkeit wohl zumeist ihre Popularität auf diesem Gebiete, obwohl die wissenchaftliche Welt sich mehrfach gegen sie erklärt hat. Zudem vereinigt sie sehr bequem die Möglichkeit der Prüfung für durch die Luft übermittelte Schallstärken mit der durch Kopfknochenleitung und auch eine gewisse Konstanz der Tonstärke muss ihr zugestanden werden. Wie wenig aber die durch Prüfung mit der Uhr gefundenen Resultate auf Wissenschaftlichkeit Anspruch machen können, zeigen die bei Wolf angeführten Citate aus den Lehrbüchern von v. Troeltsch, Gottstein, Gruber und nur Knapp[1]) erklärt „das beste Instrument, die Gehörschärfe für Geräusche zu untersuchen, ist eine Taschenuhr.“ Schon die Konstanz der Schallstärke ist nicht absolut, sondern unterliegt manchen Schwankungen; mit frisch geöltem Räderwerk klingt eine Uhr leiser als vorher, und ebenso ist es ein Unterschied, ob eine Uhr aufgezogen oder fast abgelaufen ist, wird man doch durch die auffällig schwache Tonstärke mitunter ans Aufziehen gemahnt. Es sind dies Umstände, die besonders bei einem etwaigen Vergleich von Resultaten immer Berücksichtigung verdienen. Der Umstand, dass das

[1]) Knapp, Eine systematische Methode zur Bestimmung und Aufzeichnung der Hörschärfe. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde 1873. B. III. Abthl. 1. S. 186.

sogenannte Uhrgeräusch eigentlich durch zwei sehr hohe Töne gebildet wird, hat einmal den Nachtheil, dass in Fällen, wo die Perceptionsfähigkeit für die hohen Töne mangelhaft ist, die Uhr sehr schlecht gehört wird und wir so ein falsches Bild von der gesammten Hörfähigkeit erhalten, anderseits wird in der Entfernung der eine stärker klingende Ton zwar noch gehört, jedoch wird der Kranke irre, ob er wirklich die Uhr noch vernimmt, ein Uebelstand, der bei an subjectiven Geräuschen Leidenden noch unangenehmer zu Tage tritt. Die Tonstärke ferner der meisten Uhren ist im Allgemeinen eine so geringe (über 6 Meter wird doch nur selten vom normalen Ohr eine Uhr gehört), dass sie auch nur zur Prüfung von Ohren mit mittlerer Schwerhörigkeit ausreichen kann. Verschiedene Uhren zeigen bereits die bedeutendsten Unterschiede in Tonhöhe, Tonfarbe und Tonstärke. Cylinderuhren und Spindeluhren geben verhältnissmässig reine Töne, während bei Ankeruhren ein schleifendes Geräusch sich hineinmischt. Ein normales Ohr braucht nur drei beliebige Uhren auf ihre Tonstärke zu untersuchen, um so bedeutende Unterschiede zu finden, dass es die eine auf 2,5 Meter, die andere auf 6 Meter und die dritte auf 8 Meter noch hört, trotzdem es drei Cylinderuhren sind. Wenn wir nun von dem Gesetze ausgehen, dass die Schallstärke umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ist und wenn wir für jede Uhr die Schallstärke in der Entfernung von 1 ctm. vom Ohre = 1 setzen, so ist die Schallstärke der ersten Uhr in 2,5 m. = $^1/_{6250}$, der zweiten in 6 m. = $^1/_{360000}$ und der dritten in 8 m. = $^1/_{460000}$. Da diese Schallstärken gleich sein müssen wegen des gleichen Eindrucks, den sie auf das Ohr machen, müssen die Schallstärken der Uhren selbst zu einander in dem Verhältniss dieser Zahlen stehen und, die kleinste Schallstärke = 1 gesetzt, sich verhalten ungefähr wie 1:6:10. Solche Unterschiede der Tonstärke (wobei etwaige Differenzen der Tonhöhe und deren Einfluss noch vernachlässigt sind) können unmöglich einen direkten Vergleich eines mit der einen Uhr gewonnenen Resultates mit dem durch eine andere Uhr

ermittelten zulassen. Nach dieser Richtung hin bietet der Vorschlag von Prout und Knapp Vortheile. Dieselben wollen die Hörschärfe durch einen Bruch ausdrücken, in dessen Zähler sie bei Anwendung der Uhr z. B. die Hörweite des kranken Ohres, in dessen Nenner sie die normale Hörweite für dieselbe Uhr setzen. Jeder würde bei allgemeiner Annahme dieser Bezeichnung berechnen können, wie weit ein bereits geprüftes Ohr die von ihm gewöhnlich gebrauchte Uhr hören könnte, indem er den angegebenen Bruch mit der normalen Hörweite für die eigene Uhr multiplicirte. Denn die pathologischen Hörweiten müssen sich zu einander verhalten wie die normalen und wenn $\frac{a}{u}$ die Bezeichnung der Hörfähigkeit wäre, worin u die normale Hörweite der fremden Uhr, a die pathologische Hörweite, ferner u' die normale Hörweite für die eigene Uhr wäre, so verhält sich $u : u' = a : x$ und $x = \frac{au'}{u}$; der Kranke würde also die andere Uhr in $\frac{a}{u}$ u' Entfernung hören. Für die Fälle, wo die Uhr erst beim Anlegen gehört wird, kann diese Formel natürlich nicht gelten.

Ein weiterer Uebelstand der Messung der Hörfähigkeit mittelst der Uhr ist der, dass die Perception für die Uhr nicht immer proportional ist der Perception der Sprache, dass Kranke häufig die Uhr besser wie die Sprache hören und umgekehrt. So führt v. Troeltsch an, dass nach Anlegung des künstlichen Trommelfells nicht selten Kranke die Sprache merklich besser, die Uhr wesentlich schlechter hören, dass ebenso bei Kalkeinlagerungen, partiellen Atrophien und Perforationen die Uhr im Verhältniss zur Sprache sehr schlecht gehört und umgekehrt bei kongestiver Durchfeuchtung der Mittelohrauskleidung die Sprache auffallend dumpf und schlecht verstanden wurde, ohne dass das Hören für die Uhr gegen früher irgendwie geändert wäre. Eine Erklärung lässt sich vielleicht darin finden, dass die Töne der Uhr

sehr hoch sind (mindestens auf c^3 werden sie von Musikverständigen geschätzt) und dass bei den betreffenden Menschen vielleicht die Perceptionsfähigkeit für einige hohe Töne mangelhaft ist. Zu allen diesen Mängeln kommt aber noch hinzu, dass wir bei der Prüfung mit der Uhr ebenfalls durch Nebengeräusche gehindert werden können, dass die Localität eine Rolle spielt und dass wir von dem psychischen Verhalten der Kranken sehr abhängig sind.

Einen grossen Theil der Uebelstände, welche die Prüfung mit der Uhr mit sich bringt, wird ausgeschlossen bei Benutzung des kleinen einfachen und sinnreichen Hörmessers von Politzer[1]). Derselbe besteht aus einem 4,5 mm dicken, 28 mm langen Stahlcylinder, gegen den ein kleines Hämmerchen ebenfalls aus Stahl anschlägt. Der Cylinder ist in eine kleine senkrechte Säule aus Hartkautschuk fest eingeschraubt, während das Hämmerchen in einem Spalt der Säule über der Cylinderbefestigung durch einen Stift beweglich aufgehängt ist. An die hintere Peripherie der Säule ist in Form eines winkelig gekrümmten Hartkautschukstückes eine Hemmung angebracht, auf dessen mit einer dünnen Kautschukplatte überzogenem oberen Theile der hintere Hebelarm des Hämmerchens eingedrückt wird. An den beiden Enden der Säule sind Halbringe angebracht, welche das Instrument zwischen Daumen und Zeigefinger fassen lassen, so dass durch den Mittelfinger das Hämmerchen niedergedrückt werden kann. Unterhalb des oberen Halbringes, parallel mit der Achse des Percussionshammers, befindet sich ein Kanal in der Säule, in welchen ein 4 ctm langer, an dem anderen Ende mit einer rundlichen Metallplatte versehener Stift behufs Prüfung der Kopfknochenleitung eingefügt werden kann. Sämmtliche derartige Instrumente sind vollkommen gleich angefertigt und sorgfältig auf c^2 abgestimmt. Der durch Niederdrücken und Loslassen des Hämmerchens hervorgerufene stets gleiche Ton

[1]) Politzer, Ueber einen einheitlichen Hörmesser. Archiv für Ohrenheilkunde. B. XII, Heft 2, S. 104 u. ff.

wird nach den Untersuchungen von Hartmann[1]) von einem normalen Ohre noch in der Entfernung von 15 m gehört. Der Apparat bietet ähnlich der Uhr gleichfalls eine sehr bequeme Handhabung dar, liefert eine grössere Tonstärke als die Uhr, ist also dadurch für hochgradig Schwerhörige brauchbar und giebt bei sorgsamer Behandlung Allen, die das Instrument benutzen, eine gleiche Tonstärke, eine Schalleinheit. Freilich muss man, um eine solche sich stets gleichbleibende Tonstärke zu erzielen, peinlich darauf achten, dass man den Hebelarm nur leicht niederdrückt. Sobald durch starkes Niederdrücken die Elasticität des an der Hemmung befindlichen Kautschukplättchens oder eine schnellende Bewegung des Mittelfingers zur Mitwirkung kommt, kann eine Tonstärke entstehen, die sich zu der gewöhnlichen wie 2 : 1 verhält. Man kann nämlich mit Leichtigkeit, wie College L. und ich uns mehrfach überzeugten, mindestens drei deutlich unterschiedene Tonstärken hervorrufen. Wenn sich aber Schallstärken wie 3 : 4 verhalten müssen, um sicher von einander unterschieden zu werden, so wird auch zwischen diesen drei Tonstärken das Verhältniss 9 : 12 : 16 obwalten, und, wie man sieht, ist die dritte Tonstärke schon fast noch ein Mal so gross, wie die erste. Daraus erklärt sich auch einfach das Vorkommen von zeitweisem Vernehmen der Töne des Instruments bei der Prüfung; ein etwas stärkerer, vielleicht ungeduldiger Druck genügt eben, um eine bedeutendere Tonstärke hervorzurufen. Durch die einfache Ermöglichung der Controlle über die Angaben des Patienten, indem man prüft, ob der Kranke die Anzahl der Schläge richtig angiebt, hat der Apparat einen weiteren Vortheil gegenüber der Uhr; ob aber die Perceptionsfähigkeit für die Töne des Politzer'schen Hörmessers proportional ist der für die Sprache, muss unentschieden bleiben wegen des Mangels an Beobachtungen nach dieser Richtung hin. In einem von mir beobachteten Falle, s. u. Tab. Nr. 19, wurde Uhr und Politzer in gleicher

[1]) Hartmann, Ueber Hörprüfung und über Politzer's einheitlichen Hörmesser. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. B. VI.

Weise gegenüber der Sprache auffällig schlecht gehört. Jedenfalls ist aber der Apparat auf dem Gebiet der Hörmessung ein Fortschritt, und die Fehler, welche auch den mit ihm gewonnenen Resultaten anhaften können, Fehler, wie sie durch Nebengeräusche, Localität u. s. w. bedingt sind, müssen überhaupt der Methode, die Hörfähigkeit nach der Hörweite zu bestimmen, zugeschrieben werden.

Auf den Gedanken, die Hörfähigkeit für Schallstärken mittelst directer Abschwächung dieser zu messen, kam wohl zuerst Wolke. In seiner ganz ernsthaft „Nachricht von den zu Jever durch die Galvani-Volta'sche Gehörgebekunst beglückten Taubstummen" betitelten Schrift giebt er einen Hörmesser an, der darin bestand, dass gegen ein aufrecht stehendes Schallbrett aus Tannenholz unter einem beliebigen, durch einen Gradmesser zu bestimmenden Winkel ein Schlägel von Eichenholz herabfiel. Itard stellte später einen Akumeter her, indem er gegen einen, an einem Stäbchen frei herabhängenden Kupferring ein Pendel anschlagen liess, dessen Elevation durch einen Gradbogen gemessen wurde. Fechner[1]) giebt eine interessante und praktisch verwerthbare Theorie dieser Instrumente. Danach hängt die Schallstärke nicht von dem Elevationswinkel des fallenden Pendels ab, sondern von der Fallhöhe desselben, von der Höhe also, mit der es über seinen tiefsten Punkt erhoben ist, und die Schallstärke wächst demgemäss nicht mit den wachsenden Werthen von φ, sondern schreitet fort nach dem Verhältniss von $1-\cos\varphi$. Wenn z. B. $\varphi = 45^0$, so ist $\cos\varphi = V^1/_2 = 0{,}707$ und $1 = \cos\varphi = 0{,}293$, und wenn $\varphi = 90^0$, da $\cos 90^0 = 0$ ist, ist $1-\cos 90^0 = 1$, demgemäss ist das Verhältniss der Schallstärken bei 45^0 und bei 90^0 wie $0{,}203 : 1$ oder auch wie $3 : 10$. Auf diese Weise müsste für jeden Elevationswinkel die verhältnissmässige Schallstärke bestimmt werden, und würde es sich wohl empfehlen, bei derartigen Apparaten den Gradbogen direct nach den Schallstärken einzutheilen, so dass

[1]) Fechner, Elemente der Psychophysik. Leipzig 1860. Th. I. S. 179 u. ff.

man ohne Weiteres die noch vernommenen Schallstärken ablesen und damit sofort ein Urtheil über die Hörfähigkeit gewinnen könnte. Wenn nun auch die eben besprochenen Instrumente auf einer streng physikalischen Basis stehen und sie darum grosse Genauigkeit der Resultate versprechen, so ist doch die Anzahl der von ihnen gelieferten Schallstärken zu klein, um der praktischen Hörmessung genügen zu können, und da sich ferner das Ohr in einer gewissen Entfernung von der Schallquelle bei diesen Prüfungen befinden müsste, würden auch alle die Fehlerquellen auftreten, welche bei den Methoden der Hörprüfung mittelst Hörweite störend einwirkten. Die in diese Gattung gehörende, von Hartmann angegebene, wenn auch nicht weiter ausgeführte Methode der Hörprüfung mittelst elektrischer Ströme habe ich die Absicht, später gesondert zu besprechen.

Auf ein von den besprochenen Arten vollkommen abweichendes Princip basirte v. Conta[1]) seine Methode der Messung der Hörfähigkeit. Durch viele Versuche hatte er bestätigt gefunden, „dass der Grad des Hörvermögens für die Stimmgabel im Allgemeinen einen richtigen Maassstab für den Grad des Sprachverständnisses abgiebt", und so wählte er anstatt des von ihm noch als solches betrachteten Geräusches der Uhr den Ton der Stimmgabel; er liess ferner die Schallwellen nicht durch freie Luftschwingungen zum Ohr gelangen, sondern übermittelte sie durch eine geschlossene Leitung in Gestalt eines elastischen Schlauches. Am Wesentlichsten ist es aber, dass er anstatt der Hörweite die Hörzeit des allmählich abnehmenden Tons der angeschlagenen Stimmgabel als Maass der Hörfähigkeit aufstellt. Das zur Messung nöthige Instrumentarium ist sehr einfach; nur eine Uhr, ein Otoskop und eine Stimmgabel, die in letzteres hineingesteckt wird, gehören dazu. Den durch mässigen Anschlag aufs Knie hervorgebrachten Ton seiner A-Stimmgabel konnten durch das Otoskop normale Ohren 35 – 40 Secunden

[1]) v. Conta, Ein neuer Hörmesser. Archiv für Ohrenheilkunde. 1864. B. I, H. 2, S. 107 u. ff.

hören. Von Menschen mit 25 Secunden Hörzeit wurde Gesprochenes noch ohne Schwierigkeit verstanden, bei 15 Secunden nur mit besonderer Deutlichkeit Gesprochenes, bei weniger als 15 Secunden Hörzeit eine mehr weniger verstärkte Stimme mitunter blos durch das Hörrohr. Magnus[1]) nahm die Idee v. Conta's wieder auf und construirte auf demselben Princip einen vollständigen Apparat. Zunächst vermied er die grobe Ungenauigkeit, welche v. Conta bei der Methode durch den „mässigen Anschlag" übte, derartig, dass er die Stimmgabel durch ein Pendel in Schwingung versetzen liess. Mit Hülfe eines Gradbogens konnte er das Pendel stets von derselben Höhe herabfallen lassen. Sodann brachte er fest und unverrückbar der Stimmgabel gegenüber einen Schallfänger an, von dem er einen Schlauch zum Ohr des zu Untersuchenden ableitete. Einen sehr ähnlichen Apparat scheint auch Lucae[2]) construirt zu haben. Wie aus den von v. Conta angegebenen Zahlen, so geht auch aus den von Magnus angegebenen hervor, dass ein Unterschied von wenigen Secunden schon sehr bedeutende Unterschiede der Hörfähigkeit bezeichnet. v. Conta muss zugestehen, dass der Moment des Aufhörens der Tonvernehmung nicht immer präcis anzugeben ist, und zwar schwieriger für ein besseres Gehör, als für ein schlechteres. Magnus selbst fand bei grösster Aufmerksamkeit und Geübtheit an sich Schwankungen von nur einer halben Secunde, rathet aber bei Kranken aus einer grösseren Anzahl von Untersuchungen das arithmetische Mittel zu nehmen, um ein sicheres Resultat zu erlangen. Dieser Umstand kennzeichnet allein schon die Methode als eine durchaus unsichere und äusserst umständliche.

Der von uns vorhin aufgestellten ersten Hauptbedingung und ebenso der Nebenbedingung genügen sämmtliche bisher

[1]) Magnus, Ein Fall von natürlicher Eröffnung des Antrum mastoideum. Archiv für Ohrenheilkunde. 1869. B. V, H. 1 u. 2, S. 127 u. ff.

[2]) Sitzungsprotocolle der Section für Ohrenheilkunde auf der 45. Versammlung deutscher Naturforscher zu Leipzig. Archiv für Ohrenheilkunde 1873. B. V, I. H. 1, S. 295.

betrachtete Hörmesser nur zum Theil oder gar nicht; ähnlich ist es für die zweite Hauptbedingung der Fall, wo wir freilich nur den Apparat von Kessel[1]) zu betrachten haben.

Dieser Apparat ist nur auf die Prüfung der Perceptionsfähigkeit für Tonhöhen, also auf die Prüfung der Functionsfähigkeit der Schnecke berechnet. Die Töne werden durch Metallzungen erzeugt, welche durch auf einer Messingwalze nach Art einer Spieldose angebrachte Stifte in Schwingungen versetzt werden. Die Zungen geben die Töne der C-dur-Skala durch sechs Octaven. Die Walze ist durch eine Kurbel drehbar, an welcher ein einer Scheibe gegenüber angebrachter Zeiger die Tonhöhe des jedesmal erklingenden Tones angiebt. Die Luftleitung wird durch einen Gummischlauch vermittelt, der in den inneren Raum des Apparates führt, letzterer ist zunächst von schlechten Leitern umgeben und dann noch in einen Kasten eingebettet, so dass die Töne selbst in geringer Entfernung nur noch durch den Schlauch gehört werden. Die Kopfknochenleitung wird durch einen Metallstab hergestellt, der einerseits hinten von der Zungenplatte abgeht, andererseits dem Warzenfortsatz anliegt. Sollte dieser Apparat für die Zwecke der Hörmessung ausreichen, bedürfte er erst einer Erweiterung um zwei Octaven; denn nach den Beobachtungen von Moos[2]) ist ein Klavier von sieben Octaven, weil ihm c^5, die Höhe des Consonanten S, fehlt, nicht umfangreich genug. In dieser Vervollkommnung würde der Apparat allerdings die Prüfung auf Tonhöhen, vielleicht auch auf deren Unterschiede gestatten und die bisherige mangelhafte Prüfung mittelst des Klaviers ersetzen können. Von sonstigen Bestrebungen in dieser Richtung sind zu nennen Politzer's Stimmgabeln

---

[1]) Sitzungsprotocolle der Section für Ohrenheilkunde auf der 48. Versammlung deutscher Naturforscher in Gratz. 1876. Archiv für Ohrenheilkunde 1876. B. X. H. 4, S. 273 u. ff.

[2]) Moos, Ueber das combinirte Vorkommen mangelhafter Perception gewisser Consonanten, hoher musikalischer Töne und deren physiologische Bedeutung. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. B. I. V. Abth. 1, S. 165.

mit verschiebbaren Klemmen, welche an einer Stimmgabel verschiedene Tonhöhen hervorbringen und somit bis zu einem gewissen Grade die Prüfung auf Tonhöhen ermöglichen. Zur Hervorbringung ganz hoher Töne würden wohl immer die König'schen Klangstäbe oder Pfeifen in Anwendung gezogen werden müssen. Ein dem Kessel'schen analoger Apparat scheint der von Delstanche[1]) auf dem Brüsseler internationalen Congress der medicinischen Wissenschaften 1875 vorgewiesene gewesen zu sein.

Wir wenden uns jetzt zu der vorhin erwähnten Methode der Hörprüfung mit Hülfe electrischer Ströme, die Hartmann[2]) im Januar 1878 in der Berliner physiologischen Gesellschaft demonstrirte oder vielmehr deren Möglichkeit er damals zeigte. Aus den Verhandlungen der Gesellschaft geht hervor, dass die Methode darin besteht, einem Telephon einen electrischen Strom zuzuleiten, der regelmässig unterbrochen im Telephon ebensoviel Schwankungen des Magnetismus als Unterbrechungen und dadurch weiterhin ebensoviel Schwingungen der Telephonplatte erzeugt, die dem angelegten Ohre den Eindruck eines lauten Tones machen. Abschwächung des Stromes bewirkt geringere, Verstärkung des Stromes grössere Tonstärke. Die gleichmässige Unterbrechung des Stromes geschah durch eine intermittirende Stimmgabel, die Abschwächung durch einen Rheostaten oder mit Hülfe eines Schlitteninductionsapparates. Aus der Art der Abschwächung resultiren zwei Versuchsanordnungen, die Hartmann folgendermassen angiebt:

„Die stromunterbrechende Stimmgabel von 100 Vibrationen in einer Sekunde wird durch zwei Daniell'sche Elemente schwingend erhalten. Für die erste Versuchsart

[1]) Compte-rendu des Travaux de la Section d'Othologie. Congrès international des Sciences médicales. Bruxelles 1875. Archiv für Ohrenheilkunde 1876. B. X. H. 4, S. 283.

[2]) Hartmann, Ueber eine neue Methode der Hörprüfung mit Hülfe electrischer Ströme. Archiv für Physiologie v. Du Bois-Reymond. Jahrgang 1878.

wird in diesen Stromkreis der runde Compensator von Du Bois-Reymond und als Nebenschliessung hierzu ein Telephon sammt 20 Meter Leitungsdrähten eingeschaltet. Mindert man den Nebenschliessdraht des Kompensators, so verkleinert man entsprechend den Stromantheil, der rhythmisch unterbrochen durch das Telephon fliesst. Ueberrachend kurze Drahtstrecken, demgemäss schwache Stromzweige genügen, um die Telephonplatte hörbar merklich anzuziehen."

„Für die Anwendung der Induktionsströme als Telephonerreger ist die stromunterbrechende Stimmgabel in den primären Kreis des Du Bois-Reymond'schen Schlitteninduktoriums eingeschaltet, die sekundäre Spirale ist durch je 20 m. lange Drähte mit dem empfangenden Telephon verbunden. Der angewendete mittelgrosse Induktionsapparat lässt den Ton, dessen Höhe natürlich dem Stimmgabeltone entpricht, unangenehm laut im Telephon hören. Beim Entfernen der sekundären Spirale von der primären nimmt der Ton ab analog der Intensität der Ströme (vermuthlich ebenfalls in geometrischer Progression)."

Auf Anregung des Herrn Professors Dr. Berthold und durch die Liebenswürdigkeit, mit der er mir die nöthigen Apparate zur Verfügung stellte, dazu in den Stand gesetzt, wiederholte ich die Hartmann'schen Versuche, zum Theil in veränderter Form.

Als regelmässiger Stromunterbrecher diente mir eine intermittirende Stimmgabel von König in Paris mit ut² 256 bezeichnet, die also unser c giebt. Die Einrichtung derselben weicht von den von Helmholtz angewandten intermittirenden Stimmgabeln insofern ab, als der Elektromagnet, welcher die Stimmgabel in Schwingung erhält, sich zwischen beiden Zinken befindet. Von der unteren Zinke geht in passender Weise eine Platinanadel ab, die nahezu in Quecksilber eintaucht. Der Strom wird so zugeleitet, dass sobald beim Anschlagen der Stimmgabel die Nadel in das Quecksilber taucht, der Strom geschlossen ist und der Elektromagnet in Thätigkeit tritt, indem er die Zinken anzieht;

dadurch wird die Platinanadel aus dem Quecksilber herausgehoben und der Strom unterbrochen, der Elektromagnet ausser Thätigkeit gesetzt; vermöge ihrer Elasticität schwingt die Gabel zurück und es taucht dann wieder die Nadel in das Quecksilber ein. Ueber dem Quecksilber muss sich etwas Alkohol befinden, um die Verbrennung des Quecksilbers durch den elektrischen Funken zu verhindern. Diese Stimmgabel setzte ich anfänglich durch ein Buff-Bunsen'sches Element (Zink und Kohle in einer Mischung von Schwefelsäure und einer Lösung chromsauren Kalis) in Bewegung, jedoch der Umstand, dass bei Benutzung dieses Elements die Stimmgabel zu verschiedener Zeit sehr verschieden laut tönte, dass bei nicht frischer Flüssigkeit die Stimmgabel mitunter gar nicht zum Schwingen gebracht werden konnte und die theoretische Erwägung, dass, wenn bei jeder Art von Hörmessung eine constante Einheit der Schallstärke das Haupterforderniss ist, in unserm Falle die Triebfeder des Ganzen, der elektrische Strom vor Allem, konstant sein müsse, legten den Gedanken an eine thermo-elektrische Kette nahe, die ja den konstantesten Strom liefert. Eine solche mit 20 radial angeordneten Elementen und der elektromotorischen Kraft von 20 Jacobi-Siemen'schen Einheiten = 1 Bunsen (Nr. 2) bezog ich aus der Fabrik von Dörffel in Berlin. Der von der Kette gelieferte Strom erhält die Stimmgabel stundenlang gleichmässig in Schwingungen, falls aber die Stimmgabel angehalten oder in Folge einer Erschütterung nicht mehr schwingt, genügt ein leichter Schlag mit einem Percussionshammer, um sie aufs Neue in gleichmässige Bewegung zu versetzen. Da es nicht schwer ist stets die gleiche Höhe der Flamme einzuhalten, konnte ich das Vertrauen haben, mit einem sich stets gleichbleibenden Strom zu arbeiten. Das benutzte Telephon war eines der sonstigen im Handel befindlichen, aber mit einer von Herrn Professor Berthold angegebenen Modifikation des Mundstücks, die sich mir bei den Hörprüfungen äusserst praktisch erwiesen hat. Das Mundstück trägt nämlich, ausgehend von der Oeffnung, in

der das Diaphragma des Telephons sichtbar ist, als Ansatzstück eine ca. 4 ctm. lange Röhre, die in den Gehörgang hinein gesteckt werden kann. Von dem durch die Stimmgabel fliessenden 256 Mal in der Secunde unterbrochenen Strom wird ein Nebenstrom dem Telephon zugeleitet, der gleichfalls 256 Mal unterbrochen die Telephonplatte in 256 Schwingungen in der Secunde versetzt, so dass sie den Ton c giebt, der, sobald man die Ansatzröhre des Telephons in's Ohr steckt, ungemein laut braust, aber auch schon in einiger Entfernung des Telephons vom Ohr bis auf etwa ein Meter gehört wird; schliesst man jedoch die Ansatzröhre des Telephons durch den aufgelegten Finger, so ist nur in unmittelbarer Nähe des Ohres ein ganz leises Summen bemerkbar. Das an den Warzenfortsatz oder die Schläfengegend so angelegte Telephon, dass die Oeffnung verschlossen ist, ruft keine Gehörsempfindung hervor, ebensowenig tritt eine Gehörsempfindung auf, falls es mit geschlossener Oeffnung zwischen die Zähne gehalten wird. Es findet also keine vom Telephon ausgehende Kopfknochenleitung statt. Bei dem offenbaren Zusammenhange von Tonstärke und Stromstärke konnten beide abgeschwächt werden einmal durch Einschaltung von zu vergrössernden Leitungswiderständen, andererseits durch Einschaltung eines Schlitteninduktionsapparats in die Strombahn, der durch Entfernung der sekundären Spirale von der primären eine Abstufung der Stromstärke gestattet.

Um Leitungswiderstände einzuschalten, versuchte ich es zunächst mit einem Brunner'schen Rheostaten, der mir zu Gebote stand und der 2110 Siemenssche Einheiten enthielt (eine Siemenssche Einheit gleich einer Quecksilbersäule von 1 m. Länge und 1 mm. Breite). Die Einschaltung von 100 Einheiten liess erst den Ton etwas abgeschwächt erscheinen und nach Einschaltung sämmtlicher 2110 Elemente wurde der im Telephon erzeugte Ton noch gehört, ohne dass man das Telephon in's Ohr zu halten brauchte, vielmehr in einer Entfernung von 8 ctm. Um die Tonstärke sehr bedeutend abzuschwächen, wählte ich Wasser als Leitungswiderstand.

Ein Hydrostat stand mir nicht zur Verfügung und stellte ich mir in primitiver Weise einen solchen her, indem ich in eine mit Wasser gefüllte Röhre von nicht vollkommen 8 mm. Durchmesser an jedem Ende einen Draht so hineinleitete, dass die beiden Drähte einander zu nähern und von einander zu entfernen waren. Der Querschnitt der Wassersäule musste ungefähr ein halber Quadratcentimeter sein. Bei Einschaltung dieses Apparats in die Strombahn des dem Telephon zugeleiteten Nebenstromes wurde, sobald die Drähte durch eine wenn auch nur sehr kurze Wassersäule getrennt waren, der Ton bedeutend leiser als bei kontinuirlicher Leitung, jedoch war die Stärke desselben noch immer bedeutend genug, um dem normalen Ohr als sehr laut zu imponiren. Bei Einschaltung längerer Wassersäulen wurde der Ton immer schwächer, aber erst bei einer Länge derselben von 83 ctm. wurde Collegen L. und mir der Ton unhörbar. Dabei blieb die Höhe des Tones die gleiche, der Ton klang in der schwächsten Stärke nur wie aus weiter weiter Ferne und zwar wurde er kontinuirlich gehört, nicht in Uebereinstimmung mit Urbantschich[1]), der ein intermittirendes Hören der schwächsten Schallstärken behauptete.

Zur zweiten Versuchsart konnte ich einen kleinen Schlitteninduktionsapparat benutzen, dessen sekundäre Spirale sich 57 ctm. von der primären entfernen liess. So lange die sekundäre Spirale über der primären stand, tönte bei geschlossener Leitung der Ton enorm laut in's Ohr und konnte er auch in einer Entfernung des Telephons vom Ohre bis zu einem Meter vernommen werden, beim Entfernen der sekundären Spirale nahm die Tonstärke sehr schnell ab, jedoch konnte bei einer Entfernung von 57 ctm. der Ton noch immer vom Collegen L. und mir wahrgenommen werden. Ueberhaupt konnten die meisten normalen Ohren bis zu 57 ctm. Entfernung den Ton noch hören und nur wenige, die im Besitze vollkommen normaler Hörfähigkeit zu sein glaubten,

[1]) Medicinisches Centralblatt 1875 Nr. 35.

wie Professor B., konnten nur bis zu 47 ctm. Entfernung hören. Aus zahlreichen derartigen Prüfungen konnte ich den Schluss ziehen, dass ein normales Ohr bei einer Entfernung von 57 ctm. der sekundären Spirale von der primären den Ton im Telephon noch hören muss, und dass ein Ohr, welches diesen Ton hört, um nicht direkt zu sagen ein normales so doch ein nahezu normales Ohr ist. Um jeglicher Täuschung vorzubeugen wurden die nöthigen Kautelen beobachtet. Wenn die Stimmgabel auf Watte gestellt wird, hört ein gutes Ohr das Geräusch des Funkens höchstens in der Entfernung von einem Meter, den tiefen Ton der Stimmgabel erst in einer Nähe von einem Decimeter; die weithin hörbaren, durch den Anschlag hervorgerufenen Obertöne sind natürlich bald verklungen und ist dann der tiefe Grundton allein vernehmbar. Ausserdem wurden noch Kontrolversuche in einem entfernten Zimmer angestellt, wohin der Ton der Stimmgabel selbst ganz unmöglich dringen konnte. Uebrigens ist es leicht, selbst ohne die Vorsicht, die Stimmgabel auf eine Wattenunterlage zu stellen, von dem Ton der intermittirenden Stimmgabel zu abstrahiren und nur dem im Telephon entstehenden Ton seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Durch Oeffnen und Schliessen der Leitung hat man ein bequemes Mittel zur Hand, einmal sich vor Selbsttäuschung zu hüten und noch mehr bei anzustellenden Gehörprüfungen sich vor falschen Angaben der Kranken zu schützen. Bei der Entfernung der sekundären Spirale von der primären um 57 ctm. wurde von normalen Ohren Oeffnung und Schliessung der Leitung jedesmal mit vollkommener Sicherheit angegeben und geschah ein Gleiches von Collegen L. und mir bei der Einschaltung des Leitungswiderstandes von einer Wassersäule von $^1/_2$ □ctm. Querschnitt und 83 ctm. Länge.

In welchem Zusammenhange steht aber Tonstärke und Stromstärke?

Es ist ein physikalisches Gesetz, dass die Entstehungsstärke des Schalls proportional ist dem Quadrat der Amplitude und dem Quadrat der mittleren Schwingungsgeschwindigkeit.

Die Schwingungsgeschwindigkeit findet ihren Ausdruck in der Tonhöhe und wenn diese unverändert bleibt, ist die Schallstärke oder Tonstärke proportional dem Quadrat der Amplitude. Bei einem im Telephon hervorgerufenen Tone wird die Amplitude gegeben durch die Schwingungen der einzelnen Moleküle des Diaphragmas, welches sich über dem von einer Drahtspule umgebenen Eisenkern befindet. Das Diaphragma wird in Schwingungen versetzt durch die Schwankungen des Magnetismus in dem Eisenkern und, da die Anziehungskraft eines Magneten direkt proportional dem Magnetismus ist, ist auch die Grösse dieser Schwingungen mithin die Amplitude direkt proportional dem Magnetismus. Der Magnetismus des Eisenkerns wiederum hängt von dem electrischen Strom in der Drahtspule ab und ist nach physikalischen Gesetzen dessen Stärke proportional, also wird auch die Amplitude der Schwingungen, der Stärke des electrischen Stromes proportional sein, und somit ist in unserm Fall **die Tonstärke direkt proportional dem Quadrat der Intensität des electrischen Stromes.**

Zur Betrachtung der beiden besprochenen Versuchsanordnungen vom Standpunkte dieses Satzes aus müssen wir für die erste, an der die Einschaltung grosser Leitungswiderstände das Wesentliche ist, auf den physikalischen Lehrsatz zurückgehen, dass die Intensität des electrischen Stromes direkt proportional der electromotorischen Kraft und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstande ist, und dass der Widerstand direkt proportional der Länge und umgekehrt proportional dem Querschnitt der Leitung ist. Wenn also J = Intensität des electrischen Stromes

E = electromotorische Kraft

W = Leitungswiderstand

l = Länge

q = Querschnitt desselben ist, so ist

$$J = \frac{E}{W} \text{ und } W = \frac{l}{q}$$

also $J = \frac{E\,q}{l}$ und da E in unserm Falle durch die An-

wendung derselben konstanten thermo-electrischen Kette stets gleich bleibt und (die Tonstärke = T gesetzt) T direkt proportional J^2 ist, ist auch $T = \left(\frac{q}{l}\right)^2$ es ist also die Tonstärke des im Telephon entstehenden Tones bei Einschaltung von Leitungswiderständen direckt proportional dem Quadrate des Querschnitts und umgekehrt proportional dem Quadrat der Länge des Leitungswiderstandes und, wenn wir einen Widerstand von sich gleichbleibendem Querschnitt wählen, wird die Stromstärke bei Einschaltung grösserer Widerstände umgekehrt proportional dem Quadrat der Länge sein. Bei der Einschaltung von einer Wassersäule in die Strombahn mit einem Querschnitt von 0,5 würde also, die Tonstärke bei Entfernung der Drahtenden um 0,5 ctm. von einander = 1 gesetzt, in der Entfernung von 1 ctm. von einander die Tonstärke = $^1/_4$, in 1,5 ctm. = $^1/_9$, in 2 ctm. = $^1/_{16}$ u. s. w. der ursprünglichen sein. Es wird also die Tonstärke bei fortlaufender Einschaltung von 0,5 ctm. längern Widerstande abnehmen reciprok den Quadraten der natürlichen Zahlenreihe.

Für die zweite Versuchsart ist die Tonstärke direkt proportional dem Quadrat der Intensität des inducirten Stromes. Beim Entfernen der secundären Spirale von der primären ist die Intensität des inducirten Stromes umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung, demgemäss wird die Tonstärke umgekehrt proportional sein der vierten Potenz der Entfernung und falls wir in 1 ctm. Entfernung die Tonstärke = 1 setzen, ist sie in 2 ctm. = $^1/_{16}$, in 3 ctm. = $^1/_{81}$ u. s. w. In Uebereinstimmung hiermit hat beim Entfernen der sekundären Spirale von der primären auch das Ohr den Eindruck einer sehr schnellen Abnahme der Tonstärke, während beim Einschalten immer längerer Wassersäulen in die Leitung die Abnahme der Tonstärke vom Ohr als langsamere aufgefasst wird. Hierzu möchte ich noch einmal der von Volkmann entdeckten Thatsache Erwähnung thun (s. o. Seite 9), dass das Ohr Tonstärken im Verhältniss

von 3:10 noch keinen bedeutenden Unterschied beimisst; dass also, wo das Ohr schon sehr bedeutende Unterschiede der Tonstärken taxirt, in Wirklichkeit die Unterschiede überaus gross sein müssen.

Zur praktischen Ausführung von Hörprüfungen mit Hülfe des electrischen Stromes erwiess sich der Gebrauch meines primitiven Hydrostaten unbequem und musste auch die plötzlich sehr bedeutende Abschwächung der Tonstärke durch Einschaltung einer nur kleinen Wassersäule in die Leitung gegen die Anwendung desselben sprechen. Ich zog es vor, bei der Anstellung von Hörprüfungen mich einzig und allein des Schlitteninduktoriums zur Abstufung der Tonstärke zu bedienen. Die Prüfungen wurden in der Weise angestellt, dass zunächst die bedeutendste Tonstärke gewählt und diese durch Entfernen der sekundären Spirale von der primären abgestuft wurde, bis der Kranke angab, Nichts mehr zu hören, und wurde dann die Entfernung der sekundären von der primären Spirale bestimmt; sodann wurde von einer solchen Entfernung ausgegangen, bei der der Kranke sicher nicht hörte, und durch Annäherung der sekundären Spirale an die primäre bis zu dem Punkte fortgeschritten, an dem der Kranke angab zu hören, es wurde wiederum die Entfernung bestimmt, die meistentheils eine Differenz von der vorigen zeigte. In der unten folgenden Tabelle giebt von den diesbezüglichen Zahlen die erste Zahl die Entfernung der Spiralen von einander bei Abstufung von sehr merklicher bis zur eben merklichen Tonstärke, die zweite Zahl der Entfernung bei Ansteigen von absolut unmerklicher Tonstärke zur eben merklichen. Bei allen in der Tabelle angeführten Untersuchungen ward die Stimmgabel auf Watte gestellt und wurde bei intaktem oder nur leicht schwerhörigem andern Ohr dieses verschlossen; bei irgend welchen verdächtigen Angaben wurde durch Unterbrechung der Leitung Kontrolle geübt. Die Flamme an der Thermokette wurde bei allen Prüfungen gleich hoch gehalten, ebenso wurden stets die gleichen Leitungsdrähte angewandt, so dass die Stromstärke

und damit die Schallstärke, von der ich ausging stets dieselbe sein musste. Zahlreiche Schätzungen, besonders der schwächsten Tonstärken von verschiedenen Personen befestigten mich in der Ueberzeugung, dass eine stets gleiche Tonstärke meinen Hörprüfungen zu Grunde lag. Nach der Untersuchung mit der electrischen Methode wurde mit der gleichen Uhr geprüft, die stets frisch aufgezogen, und mit Politzer's Apparat, der möglichst gleichmässig in Bewegung gesetzt wurde. Aus einer grösseren Anzahl von Untersuchungen habe ich 25 Fälle ausgewählt, in denen es sich um verlässliche und meistentheils intelligente Kranke handelt und bei denen die Prüfungen mit der grössten Genauigkeit angestellt sind. Bei den Maassen sind 1 und 2 mm. vernachlässigt, 3 und 4 mm. als 0,5 ctm. angesehen, die Maasseinheit ist der Centimeter. Die Kranken waren solche aus der Privatpraxis oder der Poliklinik des Herrn Professor Dr. Berthold. Die normale Hörweite für die angewandte Uhr ist 8 Meter.

Nr.	Name.	Alter.	Krankheit.	Hörfähigkeit für den Ton des Telephons beim Entfernen u. Annähern der Spirale des Inductionsapparates.		für die Uhr.		für Politzer.	
				l.	r.	l.	r.	l.	r.
1	Auguste Boyke.	31 J.	Chronischer, einfacher Katarrh beiderseits.	1,5 2	3,5 4	0	0	Beiderseits Kopfknochenleitung stärker links.	
2	Moses Markowski.	33 J.	Rechterseits alte Narben im Trommelfell. Linkerseits Perforation und eitrige Secretion.	12,5 13,5	29,5 29,5	Kopfknochenleitung.	9	4	100
3	Auguste Dirks.	43 J.	Chronischer, einfacher Katarrh beiderseits, Sausen links, Anämie.	10,0 12,5	25,5 26,5	44	148	35	344
4	Herr L.	35 J.	Tubenverengerung beiderseits, links stärker wie rechts, auf luetischer Basis.	29,5 34	31,5 37,5	31	50	35	45
5	Ferdinand Graugeis.	54 J.	Chronischer, einfacher Katarrh beiderseits; nach längerer Behandlung will Patient z. Z. besser hören.	44,5 45,5	28,5 32,5	6	Knochenleitung.	6	3

Nr.	Name.	Alter.	Krankheit.	Hörfähigkeit für den Ton des Telephons beim Entfernen u. Annähern der Spitzen des Inductionsapparates. l.	r.	für die Uhr. l.	r.	für Politzer. l	r.
6	Ferdinand Graeber.	31 J.	Tief eingezogenes Trommelfell beiderseits, will gut hören, nur im rechten Ohr Sausen haben.	51,5 45	43 37	190	120	über 500	
7	Fräulein St.	30 J.	Chronischer, einfacher Katarrh beiderseits. Anämie.	11,5 10,5	18 22,5	9	35	15	65
8	Elisabeth Gosta.	18 J.	Rechtsseitige Karies des Felsenbeins in Heilung begriffen. Vollkommener Defect des Trommelfells.	22 24	0	200	0	52,0	
9	Frau B.	35 J.	Chronischer Nasenrachenkatarrh, Tubenverengerung, Anämie.	33 06	29 29	185	160	über 500	
10	Frau K.	40 J.	Chronischer, einfacher Katarrh, stets Sausen und Benommenheit, Anämie.	7,5 6,5	9 8,5	0	Knochenleitung.	Knochenleitung von einer bestimmten Stelle der Schläfengegend.	1,0
				Luftdouche 7 8	 7,5 7				
11	Einj.-Freiw. B.	22 J.	Chronischer, einfacher Katarrh.	32,5 32	23 19,5	220	50	500	160
12	Herr Geheimrath W.		Linkerseits in der Jugend bedeutende, plötzliche Erschütterung durch eine Explosion erlitten; rechterseits chronischer Nasenrachenkatarrh, Tubenverengerung.	0	8,5 8,5	0	Angelegt.	0	2
13	Johann Graenz.	20 J.	Linkerseits akuter Mittelohrkatarrh, Ozaena, Skrophulose.	30,5 31	57	70	über 5,00 m	25	über 5,00 m
				Paracentese und Luftdouche.					
				35,5 36	57	70	über 5,00 m	35	über 5,00 m
14	Otto Kemsies.	17 J.	Beiderseitige grosse Perforation mit eitriger Secretion, will die Uhr immer besonders gut mit dem linken Ohr, die Sprache mit dem rechten deutlicher gehört haben.	13 20	7,5 9,5	15	42	20	70
15	Henriette Motzkus.	42 J.	Chronischer, einfacher Katarrh.	8 9	8,5 10	4	4	50	7

Nr.	Name.	Alter.	Krankheit.	Hörfähigkeit für den Ton des Telephons beim Entfernen u. Annähern der Spirale des Inductionsapparates. l.	r.	für die Uhr. l.	r.	für Politzer. l.	r.
16	Franz Bollgan.	17 J.	Alte Perforation auf beiden Ohren, eitrige Secretion.	8,5 6,5	13,5 13	2	6,0	2	20
17	Markus Joppe.	47 J.	Kleine Granulationen am linken Trommelfell, rechtes Ohr normal, will mit ihm gut hören.	10,5 10	39,5 34,5	4	20	5	65
18	Auguste Waczkewitz	53 J.	Chronischer, einfacher Katarrh, heftiges Sausen.	21,5 22	24,5 24,5	65	80	80	180
19	Carl Sauer.	35 J.	Chronischer, einfacher Katarrh, will gut hören, aber schlecht verstehen. Mangelhafte Perception des S an jeder Stelle in einem Worte. Vernimmt alle Töne eines Klaviers.	45 49	33 36	Angelegt.	1	5	7
20	Herr M.	22 J.	Bedeutender Defect des rechten Trommelfells.	57	12,5 11,5	120	15	über 500	20
21	Herr W.	22 J.	Auf beiden Ohren kleine Perforationen.	51 49	12,5 11,5	25	5	40	15
						Luftdouche.			
				57	18 18,5	50	10	60	20
22	Helene Plickert.	24 J.	Linkes Ohr alte Narben, Verwachsungen in der Paukenhöhle, durch die Luftdouche getrennt, darauf Auftreten von ringförmigen Sugillationen am Trommelfell, recht alte Narben.	5 7,5	4,5 6,5	1	0	6	1
						Luftdouche.			
				8,5 9,5	4,5 6,5	1	0	6	1
23	Herr H.	45 J.	Einfacher, chronischer Katarrh.	25 26	24 24	Angelegt.	8	18	25
						Luftdouche.			
				33 33	34 32,5	Angelegt.	38	25	50
24	Margarethe Newiger.	9 J.	Doppelseitige Perforation, eitrige Secretion.	19,0 20,0	20,5 21	26	20	109	87
25	Emil Hagen.	15 J.	Furunkel im linken Gehörgang.	29,5 34	38 41	215	450	340	1020

Irgend ein Verhältniss zwischen den verschiedenen Prüfungsmethoden lässt sich aus der vorstehenden Tabelle nicht feststellen. Eine ungefähre Schätzung der Hörfähigkeit für Uhr und Politzer's Hörmesser nach dem Resultate der Untersuchung mittelst des electrischen Stroms missglückte meistentheils, vergl. Fall 14 und 20, besonders in letzterem Fall konnte die Tonstärke im Telephon sehr bedeutend abgeschwächt werden, während Uhr und Politzer's Apparat auffällig schlecht gehört wurden. Ebensowenig lässt sich aber auch von der Hörweite für die Uhr auf die für Politzer irgend ein Schluss ziehen, wie Fall 8 und 15 zur Genüge beweisen. Fall 10 untersuchte ich innerhalb drei Wochen mit regelmässigen Zwischenräumen noch dreimal, und fand die Behauptung der Dame, dass in ihrer Hörfähigkeit nicht die mindeste Besserung eingetreten sei, durch folgende, mit der Hartmann'schen Methode gewonnene Zahlen bestätigt.

	l.	r.	Nach der Luftdouche	l.	r.
1)	7	6,5	„ „	8	8
	7	7	„ „	7,5	7,5
2)	7	7	„ „	8	8
	7	7,5	„ „	8	8
3)	7,5	7	„ „	7	7
	6	6	„ „	8	7,5

Andererseits sind diese Zahlen aber auch geeignet, die Konstanz der Stärke des im Telephon entstehenden Tones zwar nicht zu beweisen, aber doch wahrscheinlich zu machen.

Fall 13 zeigte bei täglicher Prüfung der Hörfähigkeit nach der in Rede stehenden Methode folgenden Verlauf:

2. Tag, keine Schmerzen, Trommelfell blass.

l.		
31,5	Luftdouche	32
30	„	32

3. Tag, Trommelfell blauroth, Punktionsstelle verklebt, starke Schmerzen in der Nacht.

28,5	Luftdouche	31,5
28,5	„	32,5

4. Tag, Schmerzen haben nachgelassen, etwas Sausen.

29,5	Luftdouche	33
29	„	33

5. Tag, Patient fühlt sich frei von Schmerzen, will bereits besser hören.

32,5	Luftdouche	42,5
26,5	„	33

6. Tag, Patient hat keine Schmerzen, kein Sausen, will nur noch mitunter schlecht hören.

24,5	Luftdouche	57
26	„	—

Die Uhr hört Patientin

10	Luftdouche	12
Politzer 200	„	330

Man wird zugeben, dass diesen Zahlen eine gewisse Logik innewohnt, was von den mit der Uhr erlangten Resultaten nicht behauptet werden kann, wenn man besonders den 6. Tag vergleicht mit dem ersten in der Tabelle. Nachdem ich so eine grössere Anzahl von Hörprüfungen nach dieser Methode gemacht hatte, musste ich mir zunächst sagen, dass die Methode eine äussert schnelle Prüfung gestattete, namentlich verglichen mit der zeitraubenden Prüfung mittelst der Uhr und des Politzer'schen Apparats, und dass diese Methode für den Prüfenden eine überaus bequeme ist. Beim allmählichen Verschieben der Spirale lauscht der Kranke aufmerksam dem immer schwächer werdenden Tone, und besonders stark Schwerhörige geben auffallend präcis an, sobald sie den Ton nicht mehr hören und sobald sie ihn wieder hören, eine Erscheinung, die v. Conta in ähnlicher Weise beobachtete; minder Schwerhörigen muss man mehr Zeit lassen, sich über das Hören oder Nichthören einer Tonstärke klar zu werden und bei Zweifeln durch Unterbrechung der Leitung die Angaben klar stellen. Natürlich wird man an der Grenze der Hörfähigkeit ein vorsichtigeres Verschieben der sekundären Spirale eintreten lassen. Die Untersuchung der noch hörbaren Tonstärke beim Fortschreiten von der nicht merklichen bis

zur eben merklichen hat durch die erste bereits einen sehr deutlichen Fingerzeig erhalten. Das Messen der beiden Entfernungen evtl. das Ablesen derselben von einem am Schlitten passend angebrachten Maassstab ist verhältnissmässig einfach und kann sehr genau geschehen. Der Bequemlichkeit und der grösseren Genauigkeit der Resultate dient noch die Ansatzröhre am Telephon; ohne weitere Anweisung stecken sich meisstentheils die Kranken dieselbe in das zu prüfende Ohr und werden dadurch für dieses Ohr schwache Nebengeräuche wirkungslos; falls man auch das andere Ohr schliessen lässt, können sich in demselben Zimmer noch sprechende und sich bewegende Personen befinden, ohne dass das Prüfungsresultat eine Aenderung erfährt, während dergleichen eine Prüfung mit der Uhr und mit Politzers Apparat unmöglich macht. Wegen des Mangels der Kopfknochenleitung beim Telephon ist die Prüfung auf ein Ohr bei intaktem anderen ermöglicht. Die Lokalität ist selbstverständlich gleichfalls bei dieser Methode der Prüfung ohne Einfluss auf das Resultat. Eine Kontrolle ist durch die Möglichkeit der jederzeitigen Unterbrechung der Leitung, gegeben wie sie bei Anwendung des Schlüssels genauer und bequemer nicht gedacht werden kann. Vergegenwärtigen wir uns noch einmal alle jene auf Seite 16 aufgestellten Forderungen an einen Hörmessapparat, so erfüllt diese Methode sie alle. Sie erfüllt aber auch zum grössten Theil die erste der Hauptbedingungen, die wir Seite 12 formulirten. Eine Tonstärke, die mittelst Luftleitung noch von Ohren gehört wird, welche Politzers Apparat und die Uhr überhaupt nicht oder nur durch Kopfknochenleitung vernehmen, muss als eine sehr bedeutende gelten. Diese Tonstärke ist absolut constant und kann allmählich bis zu einer unhörbaren abgeschwächt werden; jede schwächere Tonstärke steht zu der ursprünglichen in einem bestimmbaren Verhältniss, bildet einen Bruch derselben. Es besteht eine, aber doch überwindliche Schwierigkeit darin, für jeden Apparat die Tonstärke, von der man ausgeht, gleich zu machen, um die Resultate der Prüfungen vergleichen zu

können. Ob diese Methode so vollkommen werden könnte, um auch die zweite Hauptbedingung, die Prüfung auf Tonhöhen, zu ermöglichen, bleibt Gegenstand einer anderen Untersuchung. Es ist wahrscheinlich, dass diesem Zwecke die neuerdings von Koenig in Poggendorf's Annalen beschriebene intermittirende Stimmgabel nutzbar gemacht werden könnte, mit welcher eine Reihe von Tönen dadurch hervorgebracht werden kann, dass in dem Zinken sich Kanäle befinden und in diese mehr oder weniger Quecksilber hineingepresst wird, wodurch je nachdem ein tieferer oder höherer Ton entstehen muss.

Es wäre zuviel gesagt, die Methode der Hörmessung mittelst electrischer Ströme bereits als die vollkommenste zu bezeichnen; so viel scheint mir aber behauptet werden zu können, dass sie, in der Alles Gesetz ist, die so viele von den anderen Methoden anhaftenden Mängeln vermeidet, auf dem Wege ist, allen an einen zufriedenstellenden Hörmesser gestellten Ansprüchen zu genügen.

Schliesslich erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Berthold für die gegebene Anregung und für die zuvorkommende Freundlichkeit zu danken, mit der er mir seine Bibliothek und seine Apparate zur Verfügung stellte, sowie die Untersuchung von zahlreichen Patienten ermöglichte. Meinem Collegen und Freunde Dr. Luchhau bin ich gleichfalls für seine häufige, liebenswürdige Assistenz zum grössten Danke verpflichtet.